

Raskere klimaendringer enn ventet?

Knut H. Alfsen

Til tross for stor oppmerksomhet og nye ambisiøse nasjonale målsettinger om utslippsreduksjoner på kort og lang sikt, kan man likevel stille spørsmål om vi tar klimaproblemet alvorlig nok. Klimaendringene kan bli større og komme forttere enn vi hittil har trodd og derfor kreve hurtigere og større tiltak enn vi til nå har vært vant til å vurdere.

Fokus på klimaproblemet

I nærmere ett år har klimaproblemet stått svært høyt på den politiske dagsorden både nasjonalt og internasjonalt. Al Gores foredragsfilm "En ubehagelig sannhet" ble en vekker for mange og satte et nytt og sterkere fokus på klimaproblemet. Den ble raskt etterfulgt av rapporten fra Nicholas Stern, som blant annet understreket kostnadene som vil påløpe om vi ikke gjøre noe med våre klimagassutslipp (Stern 2007). I likhet med vår hjemlige utredning fra Lavutslippsutvalget (2006) (NOU 2006:18 Et klimavennlig Norge, se også Randers og Alfsen 2007) pekte den på nødvendigheten av tidlige tiltak mot stadig økende utslipp av klimagasser. Våren 2007 kom så rapporter fra FNs klimapanelers tre arbeidsgrupper om henholdsvis klimasystemet, effekter av klimaendringer og mulige tiltak for å møte utfordringen vi står overfor (IPCC 2007a, b, c). Resultatet av alt dette har vært økt oppmerksomhet og forståelse av alvoret i situasjonen. Regjeringen har fulgt opp med nye nasjonale målsettinger om reduserte klimagassutslipp og en klimamelding (St.meld. nr. 34 2006-2007: Norsk klimapolitikk) om sektorvise klimaplaner.

Til tross for dette, kan man likevel spørre om vi tar klimaproblemet alvorlig nok. Nye forskningsresultater kan tyde på at vi til nå har undervurdert hvor raskt klimaendringene vil finne sted.

Sammenlikning med tidligere framskrivninger

I en relativt ny artikkel i tidsskriftet *Science* som kom ut etter at FNs klimapanel la fram sin siste rapport, gjør Stefan Rahmstorf og medarbeidere et forsøk på å sjekke om FNs klimapanelers framskrivninger av sentrale klimavariabler har vist seg å slå til, sett i etterhånd (Rahmstorf et al. 2007). Her sammenliknes observerte endringer av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren, global middeltemperatur og havnivåstigning siden 1990 med tidligere framskrivninger av de samme størrelsene.

Utviklingen til nå

De globale utslippene av klimagasser økte med 70 prosent fra 1970 til 2004. Utslippene av CO₂ alene økte med hele 80 prosent og står nå for 77 prosent av de samlede klimagassutslippene. De økte utslippene skyldes primært befolkningsveksten, som var på 69 prosent fra 1970 og til 2004, og vekst i verdens samlede bruttonasjonalprodukt (BNP) per innbygger som var på 77 prosent. Utslipp fra energisektoren og transport har vokst spesielt raskt siden 1970; med henholdsvis 145 og 120 prosent. I 2004 sto de rike landene, som går under betegnelsen Anneks I-land i Kyoto-protokollen, for 57 prosent av verdiskapningen i verden og var ansvarlige for 46 prosent av de samlede klimagassutslippene. Disse landene utgjør om lag 20 prosent av verdens befolkning (IPCC 2007c).

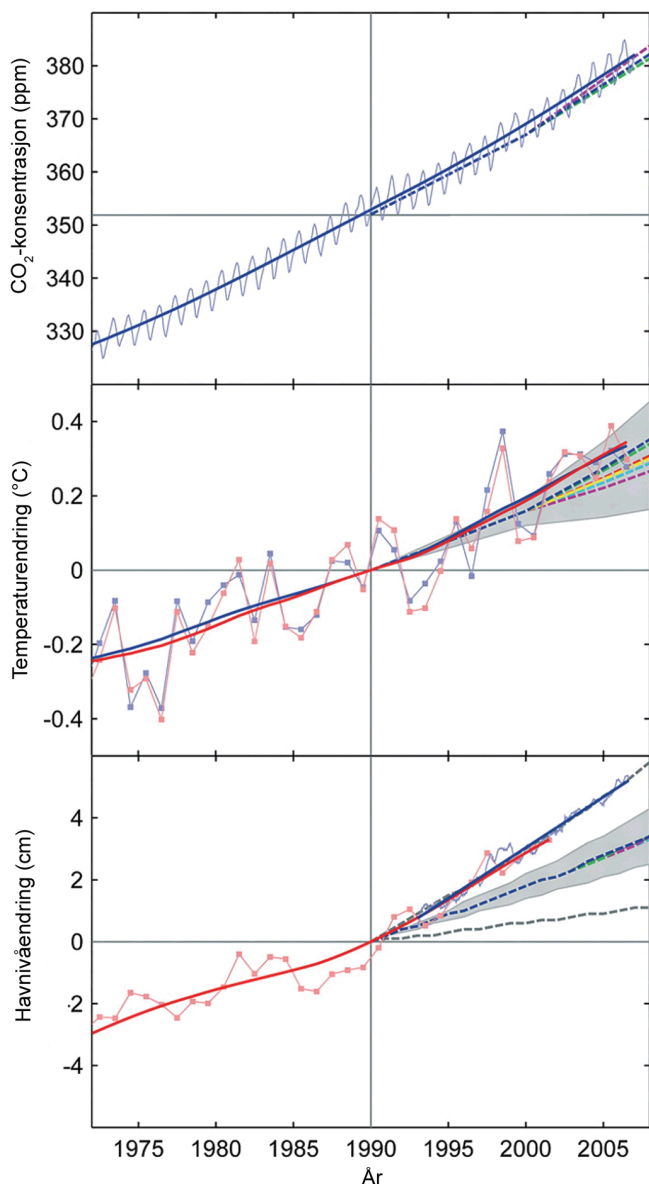
Framskrivningene er tatt fra FNs klimapanelers tredje hovedrapport, som i hovedsak ble laget på slutten av 1990-tallet (IPCC 2001). På grunn av tregheter i innsamling og publisering av observasjoner, samt at framskrivningsmodellene hovedsakelig er fysiske baserte modeller som ikke på noen enkelt måte direkte avhenger av de observerte størrelsene som omtales her, kan man anta at framskrivningene ble gjort uavhengig av observerte data etter 1990.

Figur 1, som er delt i tre paneler, sammenfatter resultatene.

Det øverste panelet viser først utviklingen i månedsmidlet CO₂-konsentrasjon som målt på Mauna Loa, Hawaii, fra 1973 og frem til i dag sammen med tilhørende trendverdier vist som heltrukne kurver i figuren. Fra om lag midten av figuren er i tillegg vist framskrivningene av CO₂-konsentrasjon i henhold til fem utslippsscenarioer utviklet av FNs klimapanel (IPCC 2000), se egen boks. I store trekk finner vi godt samsvar mellom observasjoner og framskrivninger, særlig for scenariene med høyest utslipp.

Knut H. Alfsen er forskningssjef ved Gruppe for petroleum og miljøøkonomi (e-post: knut.alfsen@ssb.no)

Figur 1. Sammenlikning av observasjoner og framskrivninger



CO₂-konsentrasjon er vist øverst, årlig global middeltemperatur i midten og havnivå nederst i figuren. Observerte langtidstrender er vist som heltrukne kurver. Fra om lag 1990 og framover er framskrivninger vist som stiplede linjer. Framskrivningene er basert på fem utslippsscenarioer utviklet av FNs klimapanel. Som hovedalternativ er det valgt en klimafølsomhet på 3°C. Det grå skyggefeltet viser hvordan framskrivningene endres når klimafølsomheten varierer mellom 1,7 og 4,2°C. Datakilder: CO₂-konsentrasjon er målt på Mauna Loa, Hawaii. Observert global årlig middeltemperatur er tatt fra to kilder: NASA/GISS i USA og Hadley Centre, Climate Research Unit i Storbritannia. Havnivåstigning er vist som målt ved tidevannsmålere og, for siste del av perioden, ved hjelp av satellitter.

Kilde: Rahmstorf et al. (2007)

Det andre panelet i figuren viser global årlig middeltemperatur fra to ulike rapporteringer av slike observasjoner samt trendene i disse. De stiplede kurvene er framskrivninger basert på FNs utslippsscenarioer og der en har antatt en klimafølsomhet på 3°C. *Klimafølsomheten* sier hvor mye jorden vil varmes opp i det lange løp som følge av en fordobling av drivhusgasskonsentrasjonen i atmosfæren fra nivået i før-industriell tid.

Utslippsscenarioer fra FNs klimapanel (IPCC)

FNs klimapanel (IPCC, 2000) utviklet rundt årtusenskiftet et sett med om lag 40 scenarioer som viste mulige forløp av klimagassutslipp de neste hundre år under forutsetning om at det ikke settes inn tiltak mot slike utslipp. Scenarioene ble grupper i fire såkalte scenariofamilier:

Familie A1: En globalisert verden der det legges mest vekt på å sikre økonomisk vekst. Denne familien er videre delt i underfamilier i henhold til valg av energiteknologi:

A1FI: En fossilt basert familie

A1T: En familie basert på klimavennlig teknologi (inkludert satsing på kjernekraft)

A1B: En balansert versjon av A1FI og A1T

Familie A2: En verden som fragmenteres og der det legges stor vekt på lokale løsninger for å sikre økonomisk vekst.

Familie B1: En globalisert verden der kultur og miljø vektlegges i større grad enn i A-scenarioene.

Familie B2: En fragmentert verden der lokal kultur og det lokale miljøet settes høyst.

Det grå skyggefeltet viser hvordan framskrivningene endres når klimafølsomheten varierer mellom 1,7°C og 4,2°C. Vi ser at de observerte temperaturene ligger i øvre del av det grå feltet og over alle framskrivningene. Framskrivningene undervurderer derfor temperaturøkningen over perioden 1990-2006.

I den nederste delen av figuren vises så havnivåstigning målt ved tidevannsmålere og, for siste del av perioden, ved hjelp av satellitter, samt trender i observasjonene (heltrukne kurver). Framskrivningene er, som for temperatursammenlikningen, vist dels som stiplede kurver og dels som et grått felt (når klimafølsomheten varierer). Figuren viser at den observerte havnivåstigningen er vesentlig høyere enn alle framskrivninger, uansett valg av klimafølsomhet. Mens målt havnivåstigning de siste 15 år er 3,3 mm/år, er beste anslag fra framskrivningene bare 2 mm/år.

Dessverre er perioden med sammenlikning kort; fra 1990 til 2006 for de fleste størrelsene. Dette gjør det vanskelig å trekke sterke konklusjoner og å fastslå hvorfor de observerte trendene øker fortere enn hva de fleste framskrivningene viser. De observerte trendene kan være dominert av naturlige og stokastiske variasjoner over en så kort tidshorisont. Det kan imidlertid være andre grunner til at klimaendringene ser ut til å akselerere. En forklaring kan være at utslipp av partikler og gasser som virker avkjølende på klimaet

har avtatt raskere enn det som er antatt i utslippsframskrivningene. Her velger vi likevel å konsentrere oss om effekter av utslipp av klimagasser, først og fremst CO₂. Veien fra utslipp av klimagasser til effekter av klimaendringer er imidlertid lang. La oss ta den steg for steg.

Fra utslipp til konsentrasjon

Første steg på denne veien går fra utslipp av klimagasser til konsentrasjon av slike gasser i atmosfæren. Konsentrasjonen bestemmes av balansen mellom utslipp og opptak eller fjerning av klimagassene fra atmosfæren.

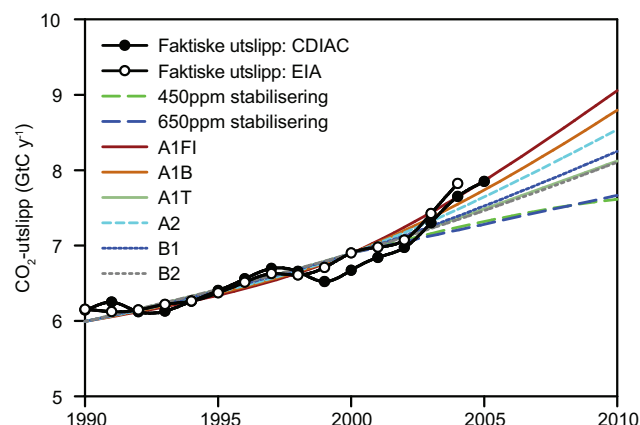
Når det gjelder utslippene, ser veksten ut til å øke. Figur 2 er hentet fra en studie av Micheal Raupach og medarbeidere som ble publisert i mai i år (Raupach et al. 2007). Figuren viser observerte utslipp sammenholdt med scenariene fra FNs klimapanel fram mot 2010. Mens utslippene på 1990-tallet økte med 1,1 prosent per år, har veksten over perioden 2000-2004 vært på mer enn 3 prosent per år. Høy økonomisk vekst, særlig i Kina, og dempet takt i energieffektiviseringen i den rike delen av verden er hovedforklarinene på den økende utslippsveksten.

Menneskeskapte utslipp av CO₂ har altså økt mer enn ventet¹. Før vi kan si noe om konsekvenser for konsentrasjonen i atmosfæren må vi imidlertid vite noe om slukene eller opptaket av CO₂.

CO₂ sirkulerer som kjent mellom reservoarer av karbon i atmosfæren, hav og i biosfæren. Strømmene er store av naturlige årsaker, men hastighetene påvirkes av klimaendringene selv. Hvert år tar for eksempel planter og trær opp store mengder CO₂ fra atmosfæren når fotosyntesen starter for fullt på vårvinteren². Om høsten feller noen trær blader og andre planter visner og råtnet. Dermed frigjøres karbon til atmosfæren igjen. Dette fører til årlige svigninger i CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren, se øverste panel i Figur 1. Et varmere klima (med mer CO₂ i atmosfæren) bidrar til mer biomasse og dermed større opptak av CO₂. På den annen side kan et varmere og våtere klima bidra til økt tempo i forråtnelsesprosesser og dermed økte utslipp av CO₂ på høstparten. Med økende klimaendringer mener noen at biosfæren vil gå over fra å være et sluk for CO₂, slik det er i dag, til å bli en ny kilde til CO₂-utslipp (Cox et al. 2000). Videre vil et varmere hav ha mindre evne til å ta opp CO₂ slik at kapasiteten til å ta opp CO₂ blir mindre ved økende global oppvarming.

Alt i alt er det ikke lett å anslå hvilke konsekvenser klimaendringene har for naturens evne til å absorbere CO₂. Trolig er det slik at den minsker med økende temperatur (Hansen 2007). Dette bidrar i så fall til en akselererende utvikling i konsentrasjonen, selv ved konstant utslipp.

Figur 2. Observerte globale CO₂-utslipp og utslippsscenarioer fra FNs klimapanel, samt to baner som leder til en stabilisering av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren på henholdsvis 450 og 650 ppm på lang sikt



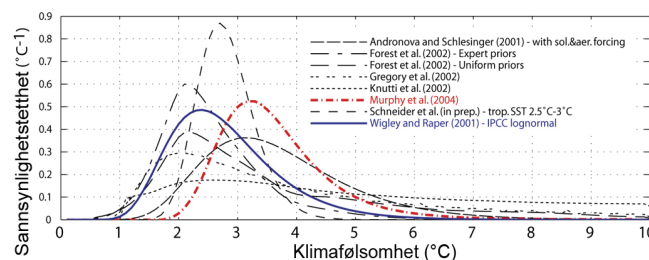
Kilde: Raupach et al. (2007)

Fra konsentrasjon til temperatur

Men hva fører så en økt konsentrasjon av klimagasser til? Den direkte effekten er at varmestråling fra jorda hindres i å slippe ut. Dermed stiger temperaturen. Imidlertid vil det skje noe med jordens atmosfære når temperaturen øker. En varmere klode vil øke fordampning av vann og en varmere atmosfære vil kunne holde på mer vanddamp enn en kaldere atmosfære. Og vanddamp er den viktigste av alle klimagasser. Dermed forsterkes den opprinnelige effekten av økte klimagasser i atmosfæren. Den samlede effekten (direkte pluss indirekte) av økte klimagassutslipp på likevekts-temperaturen blir, som tidligere nevnt, betegnet *klimafølsomheten*.

I mange år var klimafølsomheten anslått til å være i intervallet 1,5 til 4,5 grader Celsius (°C). I det siste er det imidlertid blitt reist spørsmål om den øvre grensen av intervallet bør økes. Figur 3 viser sannsynlighetsfordelingen til klimafølsomheten i henhold til noen studier. Som vi ser har enkelte studier anslått klimafølsomheten til å være langt høyere enn 4,5 °C. Dette gjelder et fåtall studier, resultatene fra disse er på langt nær siste ord i saken, men man er i dag mer usikker på hva øvre grense for klimafølsomheten er enn tidligere.

Figur 3. Sannsynlighetsfordelinger av klimafølsomheten i henhold til noen studier



Kilde: Meinshausen (2004).

Gitt økte utslipp og muligheten for en større klimafølsomhet enn tidligere antatt, er det kanskje ikke så rart at Rahmstorf og medarbeidere (Rahmstorf et al. 2007) finner en observert temperaturøkning i overkant av hva vi har forventet til nå.

Fra temperatur til effekter av klimaendringer

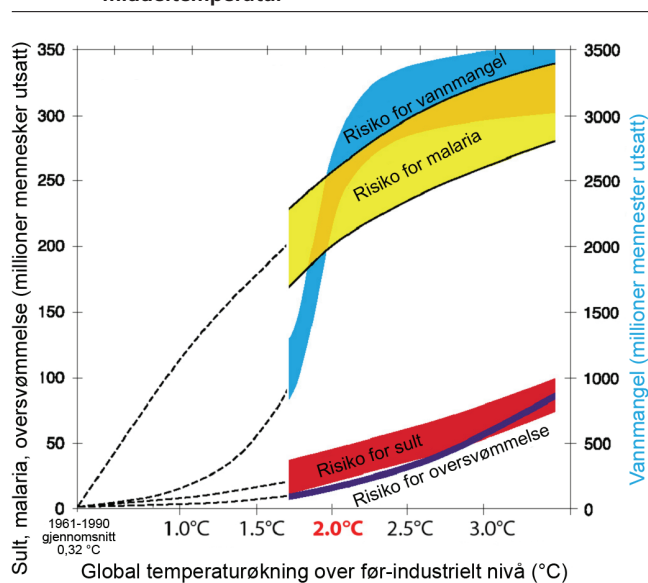
Hvor alvorlig er det så om vi til nå har undervurdert tempo og størrelse i klimaendringene? Med andre ord, hvilke effekter vil en forsterket klimaendring få? Her er det vanskelig å gi presise svar, utover det faktum, som blant annet Stern la stor vekt på i sin gjennomgang av klimaproblemet (Stern et al. 2007), at skadene vil øke mer enn proporsjonalt med temperaturøkningen for de endringer vi ser på. Nedenfor følger en kort gjennomgang av noen av de skadelige effektene vi venter ved økt global oppvarming.

Temperatur er bare en av mange parametere som karakteriserer klimaforholdene. Andre viktige parametere er nedbør (mengde og intensitet), vind, forekomst av tørke, osv. Dette er alle forhold som vil påvirke forholdene for jordbruk spesielt, og økosystemenes funksjonsmåter generelt. Ved små økninger i global middeltemperatur vil enkelte lokaliteter kunne få bedre forhold for jordbruket. Temperaturøkninger utover dette vil imidlertid i akselererende tempo ramme produktiviteten i jordbruk og balansen i økosystemer mer generelt på en skadelig måte. Dette vil utsette stadig større folkemengder for risiko for hungersnød etter som klimaendringene går sin gang. Malaria og en del andre sykdommer vil også kunne få større utbredelse ettersom gunstige forhold for disse vil øke i omfang.

Den alvorligste effekten av økende global oppvarming er likevel sannsynligvis effekten på vannkretsløpet (det hydrologiske kretsløp). Økt global middeltemperatur vil bidra til mer intens nedbør i områder som i dag allerede er våte, samtidig med at det blir mindre nedbør i områder som er allerede er tørre. Vannmangel kommer derfor til å bli et stort problem i en varmere verden; et problem som etter hvert vil berøre milliarder av mennesker. De tørre elvene i India og andre steder som i dag får vann fra breer, vil først oppleve en periode med flom, for deretter å miste vannføring med vannknapphet for store befolkningsmengder som resultat. Tørre områder som Nord-Afrika og Sør-Europa vil også oppleve økende knapphet på vann.

En annen og mer mekanisk effekt av en temperaturøkning er havnivåstigning. Vann utvider seg når det varmes opp. Vi får dermed en termisk økning av havnivået ved global oppvarming. Klimaendringer vil imidlertid også påvirke smelting av is og snø, men kompleksiteten i det hydrologiske kretsløpet gjør det vanskelig å forutsi hvor mye vann som i framtiden vil bindes i snø og is, og hvor mye som vil forefinnes som vanddamp i

Figur 4. Antall mennesker som utsettes for ulike effekter av klimaendringer rundt 2080 som funksjon av global middeltemperatur



Venstre akse viser økningen i antall mennesker som risikerer hungersnød, malaria og flom, mens høyre akse viser antall mennesker som risikerer vannmangel.

Kilde: Meinshausen (2004) og Parry et al. (2001).

atmosfæren. Landhevninger i ulike deler av verden vil også bidra til usikkerheten om hvor mye havet vil stige i ulike deler av verden. At havet vil stige er likevel hevet over tvil, og noen hevder at nivåstigninger på under 1 meter i dette århundre er usannsynlig (Hansen 2007; Kerr 2007). Dette vil true deler av de områdene som i dag har det vesentligste av jordens økonomiske aktivitet, nemlig kystområdene.

Figur 4 sammenfatter noen av effektene av klimaendringene nevnt ovenfor i form av antall personer som vil kunne bli berørt. Samlet gir det et bilde av en verden der svært store folkemengder vil måtte forflytte seg eller kjempe om stadig knappere ressurser. At vi må forvente sosial uro når livsvilkårene til milliarder av mennesker forverres, er vel å ta forsiktig i. Ventelig vil denne sosial uroen være den måten vi i avskjermde Norge får sterkest føling med effektene av kommende klimaendringer.

Hva er rimelige klimamål?

Når det gjelder antall mennesker som risikerer å bli utsatt for vannmangel ser vi fra figur 4 at det går et skille, en slags terskelverdi, ved omtrent 2°C økning i global middeltemperatur over før-industrielt nivå. Dette er en medvirkende årsak til at EU og Norge har nedfelt en målsetting å holde økningen i den globale middeltemperaturen under nettopp 2°C.

Til nå har temperaturen steget med knapt 0,8 grader fra før-industrielt nivå. Med omtrent 0,6 graders økning ytterligere innebygd i klimasystemet på grunn av tregheter i systemet, kan vi nærmest garantere en

Tabell 1. Sammenheng mellom klimagasskonsentrasjoner, temperaturøkning og utslippsendringer når en antar en klimafølsomhet på 3°C

Stabiliseringsnivå CO ₂	Stabiliseringsnivå Flere klimagasser	Temperatur- økning	Utslippsendring i 2050 relativ til 2000
ppmv CO ₂	ppmv CO ₂ -ekv	°C	Prosent
485 – 570	590 – 710	3,2 – 4,0	+10 – +60
440 – 485	535 – 590	2,8 – 3,2	-30 – +5
350 – 440	445 – 535	2,0 – 2,8	-85 – -30

Kilde: Fra Summary for Policy Makers, Tabell SP.5, IPCC 2007c

samlet temperaturøkning på om lag 1,4°C selv uten ytterligere utslipp framover. Skal temperaturen med noen grad av rimelig sannsynlighet kunne holdes under 2°C, må konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren stabiliseres på svært lave nivåer: lavere enn 450 ppmv³ målt i CO₂-ekv., ikke langt fra dagens nivå på 430 ppmv CO₂-ekv. (Hansen 2007).

Tabell 1 viser sammenhengen mellom konsentrasjonsnivåer av klimagasser, temperaturøkning relativt til før-industrielt nivå og utslippsendringer i 2050 relativt til utslippsnivået i år 2000 når en antar en klimafølsomhet på 3°C.

Skal konsentrasjonen av klimagasser stabiliseres på 445-490 ppmv CO₂-ekv (tilsvarer 2,0-2,4°C oppvarming) må de globale utslippene reduseres med 50-85 prosent innen 2050, med ytterligere reduksjoner deretter. Dagens konsentrasjonsnivå er, som tidligere nevnt, på om lag 430 ppmv CO₂-ekv. og med en årlig økning på om lag 2 ppmv. Med stadig befolkningsøkning og økonomisk og sosial utvikling i den fattige delen av verden er det dessverre liten grunn til å tro at vi makter å hindre en temperaturutvikling utover 2°C, særlig når vi tar i betraktning behovet for stadig mer energi i fattige og underutviklede land. Prognoser fra blant annet IEA, tilsier et økt energibehov på flere ganger dagens nivå i de neste decenniene, med hovedvekt på økt kullforbruk (IEA 2007). Det vil sikre oss mange ubehagelige overraskelser framover.

Hvorfor advarer ikke FNs klimapanel sterkere?

Da FNs klimapanel la fram sine rapporter denne våren, skjedde det i en moderat og forsiktig språkdrakt. Beskjedene var dramatiske nok, men rokket neppe ved hva som til nå er blitt regnet som sannsynlig utvikling av klima og virkninger av dette. Hvorfor sier ikke panelet klarere i fra om at det hele kan gå svært mye galere enn den allerede uheldige utviklingen som ligger i de modellbaserte framskrivningene?

Hovedforklaringen ligger antakelig i klimapanelets fokus på kvantitative modellbaserte analyser (Kerr 2007). Det gjør at forhold som vi i dag ikke klarer å kvantifisere, som for eksempel nedbrytning av isbreen på Grønland, ikke kommer med i framskrivningene i det hele tatt. Dette resulterte i en framskrivning av

havnivåstigningen i dette århundrede på 34 cm, samtidig som sentrale klimaforskere framhever at det er helt usannsynlig at havnivået vil stige med mindre enn 1 m. Det som er for usikkert til å bli kvantifisert blir altså neglisjert. Dessverre er mange av de fenomenene som da oversees av en svært ubehagelig karakter. Sannsynligheten er derfor ganske stor for at vi undervurderer risikoen knyttet til klimaendringer.

Sammendrag

Sammenlikning av observasjoner og modellframskrivninger over en så kort periode som det er snakk om her, gir begrenset og usikker informasjon om hva som er i ferd med å skje. Resultatene, sammen med kunnskap om mulige forsterkende effekter, viser likevel at det kan være grunn til å frykte at klimamodellene man har brukt til nå faktisk *undervurderer* hvor fort klimaendringene kommer og hvor store de blir. Anbefalingene fra Lavutslippsutvalget, Nicholas Stern m.fl., om umiddelbare og sterke tiltak for å redusere klimagassutslippene, synes derfor å være på sin plass. Diskusjoner om hvilke tiltak og virkemidler vi skal satse på er viktige, men må ikke trekke i langdrag skal vi ha muligheten til å handle i tide.

Referanser

Cox, P.M., R.A. Betts, C.D. Jones, S.A. Spall, and I.J. Totterdell (2000): Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled model. *Nature*, 408, 184-187.

Hansen, James (2007): How Can We Avert Dangerous Climate Change? Written testimony delivered to the Select Committee on Energy Independence and Global Warming, United States House of Representatives on 26 April 2007.

IEA (2007): *World Energy Outlook 2007*, International Energy Agency, Paris.

IPCC (2000): *Special Report on Emission Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2007a): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Summary for Policy Makers. <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>

IPCC (2007b): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policy Makers. <http://www.ipcc.ch/SPM WG II 13apr07.pdf>

IPCC (2007c): *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*. Summary for Policy Makers. <http://www.ipcc.ch/SPM WG III 040507.pdf>

Kerr, Richard A. (2007): Pushing the scary side of global warming, *Science* 316, p. 1412-1415.

Lavutslippsutvalget (2006): *Et klimavennlig Norge*, NOU 2006:18, Miljøverndepartementet, Oslo.

Meinshausen, M. (2004): On the risk of overshooting 2°C, Presentasjon gitt på: Side-Event «Climate Risks and 2°C» at COP-10, Buenos Aires, 15 December 2004.

Parry M., Arnell N., McMichael T., Nicholls R., Martens P., Kovats S., Livermore M., Rosenzweig C., Iglesias A. and Fischer G. (2001): Millions at risk: Defining critical climate change threats and targets, *Global Environmental Change* 11 (3), pp. 181-183. doi:10.1016/S0959-3780(01)00011-5

Rahmstorf, Stefan, Anny Cazenave, John A. Church, James E. Hansen, Ralph F. Keeling, David E. Parker and Richard C. J. Somerville (2007): Recent Climate Observations Compared to Projections, *Science*, Published online 2 February 2007; 10.1126/science.1136843

Randers, J. og Knut H. Alfsen (2006): Hvordan kan Norge bli et klimavennlig samfunn? *Økonomiske analyser* 5/2006, Statistisk sentralbyrå.

Raupach, Michael R., Gregg Marland, Philippe Ciais, Corinne Le Quéré, Josep G. Canadell, Gernot Klepper, and Christopher B. Field (2007): Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions, PNAS, 104 (24), p. 10288-10293. doi: 10.1073/pnas.0700609104

Stern, Nicholas m.fl. (2007): *Stern Review on the Economics of Climate Change*, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm

St.meld. nr. 34, 2006-2007: *Norsk klimapolitikk*, Miljøverndepartementet, Oslo.

Noter

¹ I tillegg kan naturlige kilder til klimagassutslipp, først og fremst metan, komme til å øke under et endret klima. Hvis smelting av permafrost på tundraen og et varmere hav får innefrosset metan til å unnslippe, vil menneskeskapte utslipp framstå som ubetydelige i forhold.

² Det er mest landareal på den nordlige halvkule, det er derfor under våren på den nordlige halvkule at CO₂ fjernes fra atmosfæren.

³ ppmv står for parts per million by volume.